

谷氨酰胺转移酶提高奶油干酪得率的研究

张新伟, 张静洁, 陈军安, 周争艳, 郑未明, 赵 征*

(天津科技大学食品工程与生物技术学院, 天津 300457)

摘要: 谷氨酰胺转移酶具有交联蛋白, 提高产率的作用, 本文通过单因素实验, 把 TG 酶应用到奶油干酪中, 分别研究不同添加量(0.004%、0.04%、0.4%)、不同添加方式(发酵剂和 TG 酶同时加入, 再加入凝乳酶; 发酵剂加入后, 再加入凝乳酶和 TG 酶, 以及添加发酵剂后, 再加入 TG 酶)对奶油干酪的品质及产率的影响。确定 TG 酶最适的添加量和添加方式为发酵剂和 0.04% TG 酶同时加入后, 再加入凝乳酶, 可以提高奶油干酪的品质及产率, 化学成分及 pH 符合标准。

关键词: TG 酶, 添加方式, 奶油干酪

Research of improving the yied rate of cream cheese by adding transglutaminase

ZHANG Xin-wei, ZHANG Jing-jie, CHEN Jun-an, ZHOU Zheng-yan, ZHENG Wei-ming, ZHAO Zheng*

(College of Food Engineering and Biotechnology, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China)

Abstract: Transglutaminase can crosslink protein and improve production rate, by single factor experiment, TG was applied to cream cheese, with the addition of 0.004%、0.04% and 0.4%, by the way of starter and TG added at the same time, then add rennet; rennet and TG added at the same time after addition of starter; TG added after addition of starter. TG suitable additives and add method was that starter and 0.04% TG were added at the same time, then rennet., because the quality and the yied rate of cheese was improved while the chemical composition and pH measure up to standard.

Key words: transglutaminase; adding method; cream cheese

中图分类号: TS252.53

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2013)07-0113-05

奶油干酪^[1] (cream cheese), 是一种柔软、质地细腻、香味浓郁的乳白色未熟干酪, 一种品尝带微酸风味的牛奶制品。是北美最著名的软质干酪之一, 由奶油和牛奶的混合物制得, 不需成熟, 生产后可立即食用。谷氨酰胺转移酶^[2] (蛋白质-谷氨酸- γ 谷氨酰胺转移酶, EC2.3.2.13, transglutaminase) 催化体外许多食品蛋白质的交联反应, 肽键谷酰胺基残基的酰基转移反应, 在各种蛋白质分子之间或之内形成 ϵ -(γ -谷酰胺) 赖氨酸键, 从而改善各种蛋白质的功能性质^[3]。本文通过以不同方式和添加量添加 TG 酶, 观察奶油干酪各指标的变化。以产率、生产时间和感官评分为主要指标, 确定 TG 酶的最适添加量和添加方式。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

生牛乳 天津塘沽奶牛场; 发酵剂: R-704 丹麦科·汉森有限公司北京代表处; 凝乳酶: XLG750 帝斯曼(中国)有限公司; 谷氨酰胺转移酶: TG-N 中国江苏泰兴一鸣生物制品有限公司, 酶活 100U/g。

9N-100 乳脂分离机 青海农牧机械制造有限

公司; YJGY-70-60 均质机 天津市特斯达食品科技有限公司; 干酪槽、干酪刀 天津科技大学乳品实验室自制; BL-50A 立式压力灭菌器 上海博迅实业有限公司医疗设备厂; P-2102UV 紫外分光光度计 上海新嘉电子有限公司; EL-20 数显 pH 计 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司; KDN-08A 凯氏定氮仪 上海光谱仪器有限公司; TA.XTPlus 质地测试仪 英国 Stable Micro System 公司; DV-III 消化炉 美国 Brookfield 公司; 白度计 WSB-L 型 上海精密科学仪器有限公司等。

1.2 实验方法

1.2.1 工艺流程 奶油干酪生产工艺: 原料乳→标准化→均质(500bar, 55℃)→灭菌(63℃, 30min)→接种发酵→凝乳(选择性添加凝乳酶)→升温加热(55℃, 保持 45min)→排乳清→加盐和稳定剂→冷却包装

1.2.2 干酪成分测定 水分采用直接干燥法^[4]、脂肪测定采用罗兹格里特法^[5]、蛋白质测定用凯氏定氮法^[6]。

总游离脂肪酸的测定参考汪建明等人的方法^[7]。

1.2.3 干酪产率和校正产率的测定 干酪的产率可以用于当乳成分固定的情况下, 同种干酪之间的较, 用来反映干酪之间含水率和乳成分回收率的差异。

$$y(\%) = \frac{m}{m_1 + m_2 + m_3} \times 100$$

收稿日期: 2012-10-22 * 通讯联系人

作者简介: 张新伟(1987-), 女, 硕士, 研究方向: 乳品加工技术。

式中: y -产率, %; m -干酪质量, g; m_1 -原料乳质量, g; m_2 -发酵剂质量, g; m_3 -盐的质量, g。

校正产率: 考虑到批次间、处理组间干酪水分含量的差异, 将干酪产率校正到产品标准的最高水分含量(奶油干酪为 55%) 的产率。

$$Y(\%) = \frac{y(1-w)}{1-w_0} \times 100$$

式中: Y -校正产率, %; y -产率, %; w -干酪水分含量, %; w_0 -干酪规定的最高水分含量, %。

1.2.4 感官评价 参考莫蓓红等人奶油干酪评分方法^[8]。感官评价人员由食品学院经过专业培训的 15 名本科生组成。

1.2.5 白度测定 根据 GB/T 17749-2008 的白度表示方法中^[9], 蓝光白度的公式为:

$$Wb = R457 = Kb \sum R(\lambda) F(\lambda) \Delta\lambda$$

式中: Wb 、 $R457$ -蓝光白度。仪器光谱响应在有效波长(457 ± 2) nm, 半宽度为 44nm 的蓝光条件下测定的反射因数; Kb -归化系数, $Kb = \sum F(\lambda) \Delta\lambda$; $R(\lambda)$ -样品光谱反射因数; $F(\lambda)$ -蓝光白度计相对光谱响应分布; λ -波长。

1.2.6 实验设计 在奶油干酪最佳工艺优化的结果上, 由于本实验中 TG 酶用于奶油干酪的制备, 选择了三种添加 TG 酶的添加方式^[7], 其他加工工艺条件按照奶油干酪最佳工艺条件。方式一: TG 酶与 5% 发酵剂一起添加, 在 pH 达到 6.3 时, 加入 0.003% 的凝乳酶。方式二: 添加 5% 发酵剂, 在 pH 达到 6.3 时, 加入 0.003% 的凝乳酶和不同添加量的 TG 酶。方式三: 添加 5% 发酵剂, 在 pH 达到 TG 酶的最佳值 6.0 时, 加入 TG 酶。pH 达到 4.6 时切割, 逐渐升温到 55°C, 静置 30min, 410g 排乳清 90s。加盐, 80°C 5min 灭酶。

TG 酶添加量的选择, 根据 TG 酶应用于其他种类干酪及奶制品的量, 选用 0.004%、0.04%、0.4% (w/v)。

选择只添加发酵剂组、添加发酵剂和凝乳酶组、以及添加发酵剂、凝乳酶和 0.3% 刺槐豆胶组为对照。

1.2.7 统计分析方法 本实验数据处理, 用 SPSS16.0; 所做的图, 由 office2010 制作。

2 结果与分析

谷氨酰胺转移酶(TG 酶)以不同时机和添加量加入, 共分成 12 组。见表 1。

表 1 编号所代表的分组

Table 1 Grouping and corresponding numbers

实验号	代表分组
1	只加发酵剂组
2	加发酵剂和凝乳酶组
3~5	方式一 TG 酶的添加量依次为 0.004%、0.04%、0.4%
6~8	方式二 TG 酶的添加量依次为 0.004%、0.04%、0.4%
9~11	方式三 TG 酶的添加量依次为 0.004%、0.04%、0.4%
12	添加发酵剂、凝乳酶和 0.3% 的刺槐豆胶

2.1 对 pH 达到 4.6 所用时间的影响

从原料乳加入发酵剂到 pH 达到 4.6 所用时间越短, 对于实际生产来说, 节约时间, 增加效益。不同

时机加入 TG 酶对奶油干酪从加入发酵剂到 pH 达到 4.6 所用时间的影响见图 1。

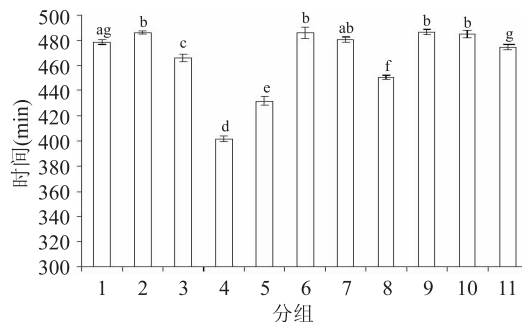


图 1 TG 酶对干酪 pH 达到 4.6 所用时间的影响

Fig.1 Effect of addition of TG on the time of cheese's pH arrived 4.6

注: 其中标有相同字母表示差异不显著($p > 0.05$), 标有不同字母表示差异显著($p < 0.05$)其他图同。

由图可以看出, 从 TG 酶添加时机的角度来说, 方式一与其他两种方式相比, 对奶油干酪 pH 达到 4.6 所用时间的影响变化最大。其他两种方式都是随着 TG 酶添加量的增加, 奶油干酪 pH 达到 4.6 所用时间逐渐下降。第 4 组是所有处理组中 pH 达到 4.6 所用时间最短的。

2.2 对干酪产率和校正产率的影响

不同时机加入 TG 酶对奶油干酪干酪产率和校正产率的影响见表 2。

表 2 TG 酶对奶油干酪产率和校正产率的影响

Table 2 Effect of addition of TG on yield and corrected yield of cream cheese

分组	产率(%)	校正产率(%)
1	15.32 ± 0.19 ^a	21.00 ± 0.43 ^a
2	17.14 ± 0.11 ^b	22.82 ± 0.32 ^b
3	11.27 ± 1.00 ^d	13.34 ± 1.05 ^e
4	22.67 ± 0.45 ^e	27.61 ± 0.68 ^{cf}
5	20.84 ± 0.27 ^f	26.75 ± 0.21 ^f
6	19.72 ± 0.39 ^e	24.17 ± 0.31 ^d
7	22.80 ± 0.31 ^e	31.57 ± 0.20 ^g
8	22.03 ± 0.37 ^e	29.51 ± 0.22 ^h
9	20.97 ± 0.35 ^f	27.56 ± 0.21 ^{cf}
10	13.65 ± 0.62 ^g	18.24 ± 0.64 ⁱ
11	15.32 ± 0.19 ^a	21.00 ± 0.43 ^a

注: 其中同列标有相同字母表示差异不显著($p > 0.05$), 标有不同字母表示差异显著($p < 0.05$), 表 3~表 4 同。

由表 2 可知, 与只加发酵剂组相比, 添加凝乳酶可以提高奶油干酪的产率和校正产率。第三组干酪的产率和校正产率下降, 第四组和第五组干酪的产率和校正产率增加, 且都高于第二组。第六组、第七组和第八组产率和校正产率均高于第一组和第二组。第九组产率和校正产率高于第一组和第二组, 第十组产率和校正产率低于第一组, 第十一组产率和校正产率与第一组相近, 二者没有显著性差异。所有组中, 产率和校正产率最高的均是第七组, 且其校正产率与其他各组之间均有显著性差异。Radosevic 等^[10]

表3 TG酶对奶油干酪成分的影响

Table 3 Effect of addition of TG on composition of cream cheese

分组	水分(%)	脂肪(%)	蛋白质(%)	乳清 OD 值
1	38.30 ± 0.49 ^{ab}	45.87 ± 0.16 ^{ah}	15.42 ± 0.23 ^a	0.332 ± 0.008 ^a
2	40.08 ± 1.22 ^b	46.46 ± 0.60 ^a	12.26 ± 1.60 ^{bce}	0.460 ± 0.076 ^b
3	42.70 ± 0.45 ^c	41.50 ± 0.52 ^c	10.97 ± 0.64 ^{bd}	2.432 ± 0.017 ^d
4	46.70 ± 0.56 ^f	36.71 ± 0.58 ^d	10.36 ± 0.42 ^d	2.259 ± 0.008 ^e
5	45.19 ± 0.28 ^{fh}	36.86 ± 0.54 ^d	10.18 ± 0.35 ^d	0.742 ± 0.011 ^c
6	42.24 ± 0.30 ^{de}	44.74 ± 0.54 ^c	12.59 ± 0.59 ^{ce}	0.428 ± 0.008 ^b
7	44.82 ± 0.38 ^b	38.95 ± 0.40 ^f	11.60 ± 0.59 ^{bcd}	0.217 ± 0.008 ^f
8	37.69 ± 0.45 ^a	38.20 ± 0.56 ^f	12.34 ± 0.60 ^{bce}	0.130 ± 0.004 ^g
9	39.71 ± 0.57 ^b	42.17 ± 0.40 ^c	12.97 ± 0.59 ^{ce}	0.139 ± 0.004 ^g
10	40.84 ± 0.54 ^{bd}	43.35 ± 0.37 ^g	12.92 ± 0.48 ^{ce}	1.427 ± 0.044 ^b
11	39.83 ± 0.62 ^b	44.92 ± 0.38 ^{ah}	13.65 ± 0.63 ^e	0.137 ± 0.006 ^g

人研究加入 TG 酶的新鲜益生菌奶酪,表明添加 TG 酶可以提高产品产率。可能的原因是,不仅是酪蛋白是 TG 酶良好的底物, α -乳清蛋白和 β -乳球蛋白也可以被 TG 酶作用,使产品产率提高^[11]。

2.3 对干酪成分的影响

不同时加入 TG 酶对奶油干酪成分及乳清在波长 500nm 处的 OD 值的影响见表 3。

由表 3 可知,各组指标均符合奶油干酪的标准(即水分 \leq 55%,脂肪 \geq 33%)。所有组中水分含量最低的为发酵剂加入后,0.4% TG 酶和凝乳酶同时加入组(第八组);水分含量最高组为第四组。从 TG 酶添加方式来看,方式一的干酪水分含量高于其他两种方式。从 TG 酶添加量来看,三种方式中随着 TG 酶含量的增加,干酪的水分含量也是先升高后降低。TG 酶作用于蛋白质后使蛋白质分子之间或分子内发生交联,使乳中蛋白质胶粒网络结构增强,束缚截留水分的能力也随之加强;也会使谷氨酰胺脱酰胺,从而进一步加强氨基酸侧链的亲水能力。这两种变化都有可能导导致干酪的水分含量增加^[11]。但是 TG 酶用量增加,太多的键使所形成的蛋白质的空间结构过于紧密,抑制其均匀发展,从而持水能力降低。所以 TG 酶应该对于不同对象选择不同的量^[12]。

各组中脂肪含量最低的是第八组。从 TG 酶添加量来看,三种方式中随着 TG 酶添加量的增加,方式一各组的脂肪含量先降低后升高,方式二为不断降低,方式三为不断升高。方式一二中,0.04% 组和 0.4% 组的脂肪含量没有显著性差异。Lorenzen 等人研究也表明 TG 酶作用后牛乳,水结合能力增强,油结合能力降低,奶油风味没有减弱^[13]。

从奶油干酪的蛋白质含量来看,所有组中含量最高的是第一组,最低的是第五组;从 TG 酶添加方式看,方式一各组分 < 方式二中各组分 < 方式三中各组分。Di 等人研究了来源于链霉菌非钙依赖的 TG 酶加入干酪中,两种方式,和凝乳酶同时加入,以及只加 TG 酶,发现产品水分含量和产率均升高,但是蛋白质含量只在第二种添加方式时升高,成熟中, TG 酶交联作用的干酪的蛋白分解作用降低^[14]。可见对于 TG 酶作用奶油干酪来说也有相同的现象,可能的

原因是:方式一是 TG 酶比凝乳酶先加入,方式二中两种酶同时加入,方式三中只加了 TG 酶,有研究表明 TG 酶作用的蛋白质影响凝乳酶凝乳^[14-15],TG 酶作用牛乳中蛋白质,蛋白质发生交联,交联后的蛋白质可能影响了凝乳酶酶解牛乳的作用位点(即 Phe105-Met106)周围区域的结构或序列,如影响凝乳酶酶解速度的 Ser104 等^[16],所以所制备的奶油干酪的蛋白质含量为方式一各组分 < 方式二中各组分 < 方式三中各组分。

从制备干酪中排出乳清 OD 值来看,所有组中,乳清 OD 值最低的是第八组,最高的是第三组,方式一各组分显著高于其它两种方式中的各组分。

2.4 对干酪的 pH 和滴定酸度的影响

不同时加入 TG 酶对奶油干酪 pH 和滴定酸度的影响见表 4。

表4 TG酶对干酪 pH 和滴定酸度的影响

Table 4 Effect of addition of TG on pH and titratable acidity of cream cheese

分组	pH	滴定酸度(%)
1	4.45 ± 0.01 ^{ad}	1.349 ± 0.004 ^a
2	4.44 ± 0.04 ^{ab}	1.144 ± 0.042 ^{bc}
3	4.41 ± 0.01 ^b	1.145 ± 0.001 ^{bc}
4	4.46 ± 0.01 ^{ad}	1.094 ± 0.005 ^d
5	4.46 ± 0.01 ^{ad}	1.124 ± 0.003 ^c
6	4.49 ± 0.01 ^{dc}	1.247 ± 0.003 ^c
7	4.45 ± 0.02 ^{ab}	1.088 ± 0.001 ^d
8	4.53 ± 0.01 ^e	0.907 ± 0.001 ^f
9	4.42 ± 0.03 ^{ab}	1.233 ± 0.003 ^{cg}
10	4.46 ± 0.01 ^{ad}	1.214 ± 0.002 ^e
11	4.44 ± 0.01 ^{ab}	0.960 ± 0.002 ^h

由表 4 可知,各组的 pH 均在 4.4~4.9 之间,符合标准。所有组中 pH 最大的是第八组。第一组的滴定酸度最大。

2.5 对干酪质构的影响

不同时加入 TG 酶对奶油干酪硬度和粘性的影响,见图 2。

TG 酶可以在乳蛋白分子间或分子内形成共价键,在非酶作用的加工过程中不会断裂,表现出耐

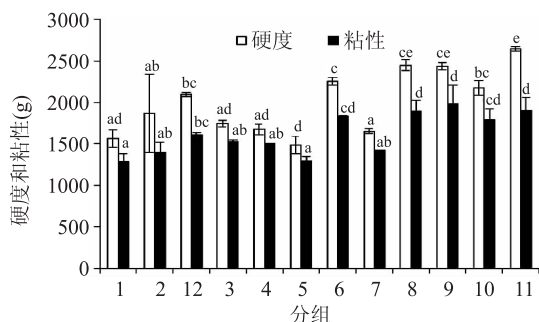


图2 TG酶对奶油干酪硬度和粘性的影响

Fig.2 Effect of addition of TG on firmness and stickiness of cream cheese

热、耐酸、水合作用增强等。由图2可知,从TG酶添加时机的角度来说,方式三的硬度和粘性相较于其他两种方式较大,其次是方式二。从添加量来看,随着TG酶添加量的增加,硬度和粘性的变化为,方式一不断降低,方式二和方式三均为先降低后升高。方差分析可知,第一组、第二组、第三组、第四组及第七组之间,第六组、第八组、第九组和第十组之间的硬度均没有显著性差异($p > 0.05$);第一组、第二组、第三组、第四组、第五组和第七组之间的粘性没有显著性差异,第八组、第九组、第十组、第十一组之间的粘性没有显著性差异($p > 0.05$)。

出现这种现象可能的原因是,因为TG酶作用乳蛋白可以影响凝乳酶凝乳的作用^[17-18]。方式一是TG酶先作用,凝乳酶再和TG酶一起作用,方式二是两种酶同时作用,方式三是只有TG酶作用,由结果可知,单独只添加凝乳酶或TG酶可使产品硬度和粘性增大,当两种酶同时加入时,TG酶作用蛋白的速度大于凝乳酶作用蛋白质的速度,所以方式二和方式三中TG酶添加量在0.004%~0.4%之间,出现了硬度和粘性先降低后升高的结果,而方式二的硬度和粘性又低于方式三中的各组,可得两种同时加入时,凝乳酶有使奶油干酪硬度和粘性降低的作用。所以凝乳酶和TG酶同时作用底物时可能有相互作用,对于条件为pH6.3 温度30℃,TG酶作用速度大于凝乳酶,也可能是TG酶作用产物直接影响凝乳酶作用,而凝乳酶作用的产物并不直接或有效影响TG酶对蛋白质的作用。

2.6 对干酪白度值的影响

不同时加入TG酶对奶油干酪白度值的影响,见图3。

干酪的成分含量,如脂肪含量、钙和蛋白质的比率,将导致干酪白度改变,这是因为光散射中心变了^[19]。由图3可知,从TG酶添加方式来看,方式一各组相对于相应的另外两种方式中各组来说白度值较大;从TG酶添加量来说,添加量为0.04%组相对于相应各种方式中其它两组来说,白度值较大。方差分析可知,第三组、第五组、第七组、第十组、市售样品及第二组之间的白度没有显著性差异($p > 0.05$)。

所以可得,从奶油干酪的白度值来说,TG酶的添加方式应为方式一,即发酵剂和TG酶同时加入,当pH达到6.3时加入凝乳酶,TG酶添加量为0.04%

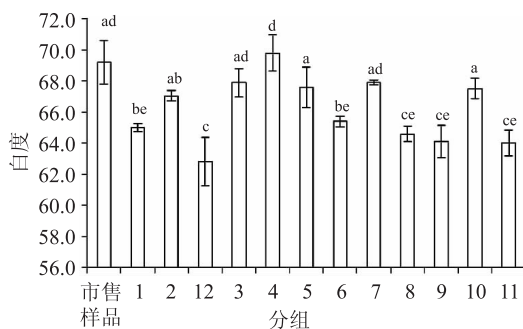


图3 TG酶的添加对干酪白度的影响

Fig.3 Effect of addition of TG on whiteness of cream cheese

所得的奶油干酪的白度值较高。这可能是因为奶油干酪的白度值和奶油干酪的成分有一定的关系,由奶油干酪的成分可知,方式一各组较其他两种方式中相应各组的水分含量高、脂肪含量低、蛋白质含量低、硬度小。

2.7 对干酪感官评分的影响

不同时加入TG酶的奶油干酪的感官评分的影响见图4。

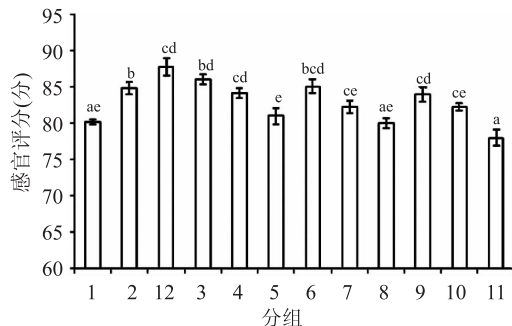


图4 TG酶对奶油干酪感官评分的影响

Fig.4 Effect of addition of TG on sensory evaluation scores of cream cheese

由图4可知,感官评分最高的是第十二组。从TG酶添加量来看,随着TG酶添加量的增加所制备的奶油干酪的感官评分不断降低。从TG酶添加方式来看,三种方式之间没有显著性差异($p > 0.05$)。TG酶添加量为0.004%组所制备的奶油干酪的感官评分比第一组和第二组的感官评分高,但是比第十二组的感官评分低。

3 结论

添加0.004%~0.4%的TG酶,干酪的水分、脂肪等指标符合标准,产率有一定程度的提高,制备时间短,提高感官评分;以不同方式添加TG酶,对于奶油干酪的硬度和粘性来说有不同的效果;从产率、pH达到4.6所用时间和感官评分来作为主要考察指标,TG酶适宜的添加量和添加方式为方式一,即发酵剂和0.04% TG酶同时加入后,再加入凝乳酶,所得产品水分、脂肪及pH符合标准,所用时间最短为401min,产率较高为22.67%,感官评分较高为84.2。

参考文献

[1] Phadungath C. Cream cheese products: A review [J].

(下转第122页)

- in the muscle of cultured Taiwanese puffer *Takifugu rubripes* [J]. *Fisheries Science*, 2000, 66(6):1123-1129.
- [15] 刘亚, 邱创平. 高效液相色谱法检测贝类中乳酸和琥珀酸[J]. *食品科技*, 2012, 37(1):268-274.
- [16] 董群, 郑丽伊, 方积年. 改良的茶酚-硫酸法测定多糖和寡糖含量的测定[J]. *中国药理学杂志*, 1996, 31(9):550-553.
- [17] Ramirez-Suarez J C, Morrissey M T. Effect of high pressure processing (HPP) on shelf life of albacore tuna (*Thunnus alalunga*) minced muscle [J]. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2006, 7(1-2):19-27
- [18] 马宇花, 赵忠, 李科友, 等. 超临界 CO₂ 流体萃取杏仁油工艺研究[J]. *农业工程学报*, 2007, 23(4):272-275.
- [19] Garcia-Gonzalez L, Geeraerd A H, Spilimbergo S, et al. High pressure carbon dioxide inactivation of microorganisms in foods: The past, the present and the future [J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2007, 117(1):1-28.
- [20] Ferrentino G, Spilimbergo S. High pressure carbon dioxide pasteurization of solid foods: Current knowledge and future outlooks [J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2011, 22(8):427-471.
- [21] Wei C I, Balaban M O, Fernando S Y, et al. Bacterial effect of high pressure CO₂ treatment on foods spiked with *Listeria* or *Salmonella* [J]. *Journal of Food Protection*, 1991, 54(3):189-193.
- [22] Choi Y M, Ryu Y C, Lee S H, et al. Effects of supercritical carbon dioxide treatment for sterilization purpose on meat quality
- of porcine *longissimus dorsi* muscle [J]. *LWT - Food Science and Technology*, 2008, 41(2):317-322.
- [23] Poulter R G, Ledward D A, Godber S, et al. Heat stability of fish muscle proteins [J]. *International Journal of Food Science & Technology*, 1985, 20(2):203-217.
- [24] Komata Y. Umami taste of seafoods [J]. *Food Reviews International*, 1990, 6(4):457-487.
- [25] 王士稳, 梁萌青, 林洪, 等. 海水和淡水养殖凡纳滨对虾呈味物质的比较分析[J]. *海洋水产研究*, 2006, 27(5):79-84.
- [26] 叶盛权, 郑贤德. 冷冻对牡蛎品质的影响[J]. *食品研究与开发*, 2003, 24(1):73-75.
- [27] 费星. 近江牡蛎净化工艺及其生态冰温保活过程中营养、呈味成分变化的研究[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2009.
- [28] Bremner H A, Olley J, Statham J A, et al. Nucleotide Catabolism: Influence on the Storage Life of Tropical Species of Fish from the North West Shelf of Australia [J]. *Journal of Food Science*, 1988, 53(1):6-11.
- [29] Fuke S, Konosu S. Taste-active components in some foods: A review of Japanese research [J]. *Physiology and Behavior*, 1991, 49(5):863-868.
- [30] Hayashi T, Asakawa A, Yamaguchi K, et al. Studies on flavor components in boiled crab-III. Sugars, organic acids and minerals in the extracts [J]. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 1979, 45:1325-1329.
- [31] 伍彬, 章超桦, 吉洪武, 等. 南美白对虾头自溶产物主要呈味成分分析[J]. *食品科学*, 2010, 31(10):184-187.
- (上接第 116 页)
- Songklanakarinn Journal of Science and Technology, 2005, 27(1):191-199.
- [2] 卢晓明, 任发政, 陈尚武. 奶油干酪关键加工工艺研究[J]. *食品科技*, 2009, 34(11):26-29.
- [3] Moto K, Noriki N M. Crosslinking between different food proteins by transglutaminase [J]. *Food Science*, 1983, (48):561-566.
- [4] GB/T5009.3-2010. 食品中水分含量的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [5] GB 5413.3-2010. 婴幼儿食品和乳品中脂肪的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [6] GB/T5009.5-2010. 食品中蛋白质含量的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [7] 汪建明, 郭林海, 孙国等. 雅致放射毛霉在干酪中的应用[J]. *食品与发酵工业*, 2008, 34(11):56-58.
- [8] 莫蓓红, 郝远荣, 高红艳, 等. 不同酸化剂对再制奶油干酪品质的影响[J]. *食品研究与开发*, 2012, 33(1):66-71.
- [9] GB/T 17749-2008. 白度表示方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [10] Radosevic V, Tonkovic K, Gregurek L, et al. Production of fresh probiotic cheese with addition of transglutaminase [J]. *Mljekarstvo*, 2007, 57(1):15-29.
- [11] Ozer B, Guyot C, Kulozik U, et al. Simultaneous use of transglutaminase and rennet in milk coagulation: Effect of initial milk pH and renneting temperature [J]. *International Dairy Journal*, 2012, 24(1):1-7.
- [12] 刘心伟. 转谷酰胺酶在乳蛋白间交联机理及应用研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2006.
- [13] 王森, 范崇东, 徐榕榕. 转谷氨酰胺酶对牛乳酪蛋白功能性质的影响[J]. *无锡轻工大学学报*, 2002, 21(5):499-502.
- [14] 张学兵, 岳振峰, 徐建祥等. 转谷氨酰胺酶的功能特性及其在乳品中的应用[J]. *中国乳品工业*, 2000, 28(6):42-46.
- [15] Di P, Mariniello L, Sorrentino A. Transglutaminase-induced chemical and rheological properties of cheese [J]. *Food Biotechnology*, 2010, 24(2):107-120.
- [16] 郭本恒. 干酪[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [17] O' Sullivan M M, Kelly A L, Fox P F. Influence of transglutaminase treatment on some physico-chemical properties of milk [J]. *Journal of Dairy Research*, 2002, 69(3):433-442.
- [18] Bonisch M P, Heidebach T C, Kulozik U. Influence of transglutaminase protein cross-linking on the rennet coagulation of casein [J]. *Food Hydrocolloids*, 2008, 22(2):288-297.
- [19] Mark E J, Rohit K, Donald J M, et al. Narasimmon Reduction of sodium and fat levels in natural and processed cheeses: scientific and technological [J]. *Aspects Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2009, 8(3):252-268.